

卵黄の着色に関する研究

(2) クロレラ添加の効果

須藤 浩・内田 仙二*

昭和50年9月16日受理

緒 言

ニワトリへの飼料の熱量源として、マイロやオオムギは、黄色トウモロコシに酷似しており、トウモロコシに比べて価格の安いことや、生産地帯などの関係から、黄色トウモロコシの代りに、マイロやオオムギを利用することがある。ところが、黄色トウモロコシとちがって、そのキサントフィルの含量がきわめて低いので、卵黄の着色の点からみると、きわめて不満足なもので、淡色になる。これは市場に対し卵黄の色調の好み合わないことから、卵の市価にも影響する要因ともなる。

卵黄の着色に関する研究は今日まで数多く行なわれており、PETERSON¹⁾が綜説を書き、OLSEN²⁾、その後になってBUNNEL³⁾は、合成着色料の効果の研究を行なっている。その他多数の研究が行なわれている^{4),5)}。

著者らは、マイロ飼料を基礎飼料として、天然着色料・人工着色料の二三について、その効果の検討を行なってきたが^{6),7),8),9)}、本報ではクロレラ添加の効果について検討した。

クロレラのニワトリに対する栄養価については、奥村^{10),11),12)}が報告を行なっており、卵黄への着色効果については、倉田¹⁴⁾、奥村¹²⁾が行なっている。しかし色調以外の影響については未だ報告されていないようである。本報はビタミンA・カロチン・キサントフィルの含量への影響についても検討した。

実験材料および方法

1) 供試鶏 3元の雌で、1971年10月2日ふ化のヒナで、岡山大学農学部家畜飼養学研究室で飼育したものである。

2) 試験区別 Table 3のマイロ飼料に、クロレラを添加する区と、Carophyll orange (CO) 20 ppm を添加する区を設け、無添加対照と比較した。

クロレラ (Chlorella) は、日本クロレラ株式会社より提供されたもので、同社でクロレラ (*Chlorella Elipsoidea* の分離株) をタンク培養、すなわち他養的 (Heterotropic) に培養して濃縮し、噴霧乾燥した濃緑色のものである。成分は Table 2 のようである。

この他養的に培養したクロレラは、自養的増殖 (Autotropic growth) のものに比較し

* Faculty of Agriculture, Okayama University, Okayama, Japan.

Table 1. Experimental lots

Lot	No. of hens	Notes
Control (Milo diet)	5	Milo 60 % diet without any pigmenter
Milo diet +5 % chlorella	5	Milo 60 % diet with 5 % chlorella
Milo diet +20 ppm CO*	5	Milo 60 % diet with 20 ppm CO
Total	15	

* Carophyll orange

Table 2. Chemical composition of chlorella

Moisture	Crude protein	Crude fat	NFE	Crude fiber	Crude ash
%	%	%	%	%	%
5.3	56.3	0.5	29.9	0.7	7.3

てタンパク質含量はいくらか高いのではないかと思われる。

Carophyll orange (CO) は、日本ロシユ株式会社の寄贈によるもので、 β -apo-8'-carotenoic acid ethyl ester 5 %と、Canthaxanthin 5 %を含む物料を等重量比に混合したものである。20 ppm を標準添加量とするものである⁹⁾。

3) 基礎飼料 使用配合飼料の割合を示すと、Table 3 のようである。

Table 3. Composition of basal diet for pigmentation studies

Ingredients	%	Ingredients	%
Milo	60	Ca ₃ (PO ₄) ₂	0.37
Wheat	4	Dried liver oil	0.10
Wheat bran	7	Vitamin mixtures	0.03
Rice bran	7.45	Trace mineral supplement	0.05
Soybean meal	10	Total	100
Fish meal	6	C P	17.5
CaCO ₃	4.6	TDN	67.4
NaCl	0.4		

この基礎飼料にクロレラを5 %、CO は 20 ppm 添加した飼料を供用した。これらの飼料は、CP 17.5 %、TDN 67.4 %で、計算値は少しく日本飼養標準より高かった¹⁵⁾。

4) 試験期間ならびに調査事項 予備期の1週間は市販産卵飼料を給与し、2週目より2週間はマイロ飼料(基礎)を給与した。4週目より5週間試験飼料を与え、その後再び2週間マイロ基礎飼料を与えた。

その間産卵率、飼料摂取量、卵黄の色調の推移、カロチン、キサントフィル、ビタミンAの含量の推移などを調査した^{16,17)}。色調は割卵し卵黄を分離し、ROCHE Yolk color fan¹⁸⁾に比較して数値を記録した。体重は各個体ごとに、試験開始時および2週ごとに測定した。飼料の摂取量は、1週間ごとに測定し、1週間ごとに飼料要求率を求めた。

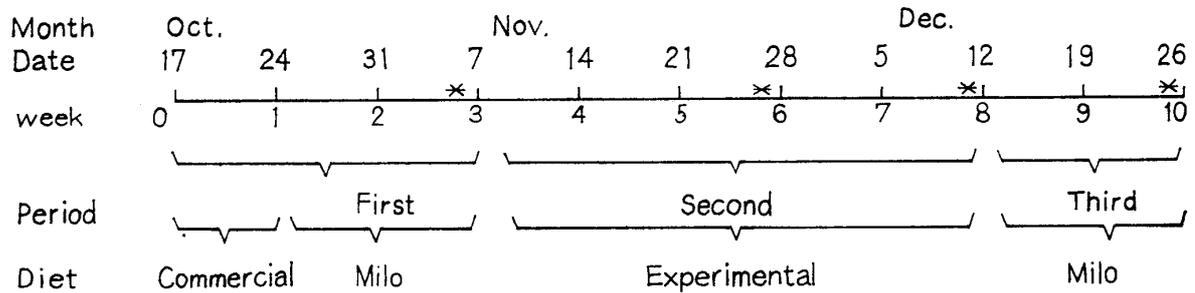


Fig. 1. Experimental period and chemical analyses of egg yolk

* Sampling date for chemical analyses

実験結果および考察

供試飼料の一般組成 Table 3 によって調製した対照飼料と、これにクロレラ 5% を添加して調製した配合飼料の一般組成を示すと Table 4 のようである。

Table 4. Chemical composition of the basal diet and the experimental diet

Diet	Moisture %	Crude protein %	Crude fat %	NFE %	Crude fiber %	Crude ash %
Basal	13.0	16.7	3.3	56.9	2.7	7.4
Chlorella	12.2	18.1	3.1	58.8	2.4	8.4

対照飼料の粗タンパク質含量は、計算値より幾分ひくめとなり、試験飼料の粗タンパク質含量は、クロレラ添加の影響も含めて幾分高くなった。

飼料中のビタミンA、カロチンおよびキサントフィルの含量 試験に供した3種の飼料のビタミンA、カロチン、キサントフィルを定量した結果は Table 5 のようであった。

Table 5. Vitamin A, carotene and xanthophyll contents of the diets

Diet	Vitamin A (iu/g)	Carotene (mcg/g)	Xanthophyll (mcg/g)
Control	2.4	8.1	74.0
Chlorella	2.9	30.0	3186.7
CO*	3.5	21.9	174.0

* Carophyll orange

Table 6. The effect of chlorella on feed consumption

Lot	Period	Milo		Experimental					Milo		Average for ten weeks	
	Preli-minary week	2	3	4	5	6	7	8	Average	9		10
Control (g/day/hen)	107	119	119	120	118	117	114	115	117	111	95	114
Chlorella (g/day/hen)	114	119	119	120	119	117	115	116	117	118	110	117
CO (g/day/hen)	117	119	119	120	117	118	119	116	118	118	109	117

Table 5 によると、クロレラ飼料のキサントフィル含量が、対照飼料に比べて顕著に高いことが知られる。

飼料の摂取量 試験期間中の飼料摂取量は、1日1羽あたりの平均値で示すと Table 6 のようである。

試験飼料給与期間の平均をみると、対照区とクロレラ飼料区間には差がなく、CO 飼料区の摂取量がわずかに多く摂取した結果となった。このことは5%程度のクロレラの添加は、飼料の嗜好に影響を与えるものでないことを示している。

産卵率 産卵率を論ずるためには、産卵鶏の供試羽数が少ないので、断定的なことは述べ得ないが、試験期間中の調査結果を示すと Table 7 のようである。

Table 7. The effect of chlorella on the egg production

Period	Preli-	Milo		Experimental					Aver-	milo	
	minary	1	2	3	4	5	6	7		8	age
Week	1	2	3	4	5	6	7	8	Average	9	10
Lot	Egg production rate (%)										
Control diet	71	71	57	71	57	57	48	57	57	43	29
Chlorella diet	71	71	71	71	57	57	57	43	57	43	29
CO diet	71	71	71	57	57	57	57	57	57	43	57

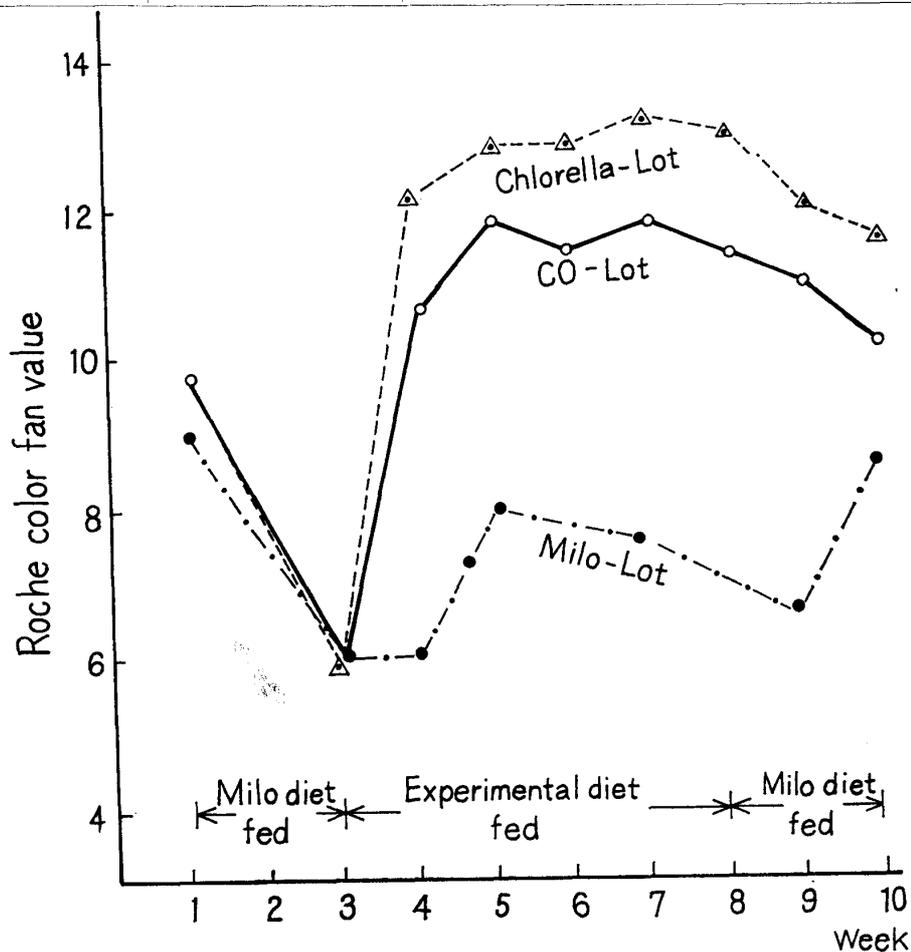


Fig. 2 Daily yolk pigmentation changes in hens fed a milo diet plus supplements.

Table 7 によると、試験飼料給与期も、その前後においても、クロレラ 5%程度の添加によって、産卵率に影響を与えるものとは思われない結果になっている。

奥村ら¹¹⁾は、他養的培養のクロレラの産卵におよぼす影響について、20%ダイズカス飼料のダイズカスを15%になるまでクロレラで置きかえても、産卵に対する影響は、ほとんど認められなかったが、20%全量の置換は、好みに影響をおよぼし（飼料摂取量低下）、産卵率を低下したとしている。すなわち本実験のように5%程度の添加では、Table 6にも明らかなように、飼料摂取量ひいては産卵率に影響するものとは考えられない。

卵黄の色調におよぼす影響 各区卵黄の色調変化を、経時的に調査したが、その結果は Fig. 2 のようである。

Fig. 2 の結果は、市販飼料を給与している間の色調値は9—10であったが、マイロ飼料にきりかえると、急激に6程度に下った。もっともこの数値は、前報告⁹⁾の場合に比較して緩和であったが、これは基礎飼料中の色素類の含量がちがっていたためのもものと推察される。マイロ飼料を2週間給与して、それぞれの試験飼料にきりかえたが、給与後2週間ではほぼ最高の色調に達し、CO 飼料区では11—12になり、クロレラ飼料区では12—13となった。明らかに色調値が高まり、市販飼料給与時のそれらを上回ったものである。そしてクロレラ 5%の添加によって、CO 20 ppm 区を上回る結果を示した。

クロレラのこれら色調向上の結果は、倉田ら¹⁴⁾、奥村ら¹²⁾もひとしく認めている。

しかし CO 飼料区の色調への影響はほぼ前報⁹⁾と同様な経過を示した。

卵黄中のビタミンA含量への影響 5, 7, 9 週目の測定結果を示すと、Table 8 のようである。

Table 8. The effect of chlorella on vitamin A content of egg yolk (Content expressed in 1 g of fresh egg yolk)

Week (diet)	Control lot			Chlorlla lot			CO lot		
	Content (iu/g)	Rate	Color value	Content (iu/g)	Rate	Color value	Content (iu/g)	Rate	Color value
5 (Experimental)	10.9	100	7.8	13.6	124	12.8	10.5	96	11.4
7 (Experimental)	17.2	100	7.0	22.9	133	13.0	20.4	119	11.4
9 (Milo)	12.5	100	8.8	19.6	157	11.6	10.7	88	10.2

Table 8 の結果によると、クロレラ 5%の添加によって、ビタミンA含量も、幾らか高まるのではないかと推察された。CO の添加は前報⁹⁾では、ビタミンAの含量を高めるのではないかという結果を示した。本実験では、多少はっきりしない点も残したが、ほぼ同様の結果と推察することができた。

卵黄中のカロチン含量への影響 その結果は Table 9 のようである。

Table 9 の結果によると、対照マイロ飼料に対して、クロレラ飼料区のカロチン含量は、高められ、試験飼料給与後5週に至るまで、次第に高まり、約3倍の含量に達している。

Table 9. The effect of chlorella on carotene content of egg yolk

Week (diet)	Control lot			Chlorella lot			CO lot		
	Content (mcg/g)	Rate	Color value	Content (mcg/g)	Rate	Color value	Content (mcg/g)	Rate	Color value
2 (Milo)	5.3	100	5.9	5.3	100	5.7	5.3	100	5.7
5 (Experimental)	4.7	89	7.8	15.6	298	12.8	7.8	149	11.4
7 (Experimental)	5.0	95	7.1	18.8	357	13.0	13.1	250	11.4
9 (Milo)	6.9	131	8.8	5.5	104	11.6	4.9	93	10.2

これに対して CO 飼料区でも、その含量は次第に高められるが、クロレラのそれには及ばず、約 2 倍余になった。CO 添加区では、前報⁹⁾と相似た結果となった。

卵黄中のキサントフィル含量への影響 卵黄の着色は、キサントフィルによるものが主たるものであるが、前諸項と同様、その定量結果は Table 10 のようである。

Table 10. The effect of chlorella on xanthophyll content of egg yolk

Week (diet)	Control lot			Chlorella lot			CO lot		
	Content (mcg/g)	Rate	Color value	Content (mcg/g)	Rate	Color value	Content (mcg/g)	Rate	Color value
2 (Milo)	29.5	100	5.9	29.5	100	5.9	29.5	100	5.9
5 (Experimental)	31.0	105	7.8	262.5	890	12.8	55.3	187	11.4
7 (Experimental)	16.0	54	7.0	294.0	997	13.0	56.0	190	11.4
9 (Milo)	23.8	81	8.8	156.6	581	11.6	29.3	99	10.2

卵黄中のキサントフィル含量は、クロレラ飼料給与後 3 週間で約 9 倍、5 週間でマイロ飼料のときの約 10 倍にそのレベルが上昇した。またクロレラ飼料をマイロ飼料にかえて、

Table 11. The effect of chlorella on the egg quality

Week (diet)	Lot	Egg weight	Antibreaking force	Egg white weight	Color value	Egg yolk weight	Egg shell weight
2 (Milo)	Control	68.4 (g)	1.87 (kg)	39.1 (g)	6.0	22.5 (g)	7.5 (g)
	Chlorella	68.2	1.74	38.2	5.8	21.6	9.1
	CO	65.9	2.25	36.5	6.0	20.5	7.9
7 (Experimental)	Control	71.1	1.98	39.7	7.0	23.7	8.1
	Chlorella	67.1	2.46	38.2	12.0	21.3	8.4
	CO	63.2	2.45	35.1	11.0	20.1	8.1
9 (Milo)	Control	66.4	2.63	37.6	8.8	21.0	7.9
	Chlorella	68.2	2.50	39.1	11.6	21.3	8.5
	CO	65.6	2.80	36.7	10.2	21.3	8.7

2週間給与した後でも、なお5倍のレベルを保っていた。なお色調値とキサントフィル含量との間には、 $r=+0.6$ の正の相関のあることが認められた。

卵質調査 各週末において卵重、抗破壊力、卵白重、卵黄重、卵型係数その他について調査したが、マイロ飼料2週目、試験飼料5週目、マイロ飼料(後)2週目の結果を示すとTable 11 のようである。

この結果によると、これらの項目については、卵黄の色調値以外は、クロレラの5%程度の飼料への添加では、特殊な影響をされるものとは思われない。

斎藤・山田ら^{19,20)}は、緑餌多用時ならびに蚕糞給与を漸増した場合のカロチノイド代謝を報告しているが、本実験では代謝的考察は行なわなかった。

要 約

クロレラの卵黄着色効果その他卵質におよぼす影響を知るため、トウモロコシの代替として、マイロ60%を配合した基礎飼料を調製し、これに5%量のクロレラを添加した飼料、ならびに Carophyll orange を 20 ppm を添加した飼料を給与し、無添加対照(基礎)飼料を与えた場合の卵黄の色調・ビタミンA・カロチン・キサントフィルの含量などを比較した。結果の要約はつぎのようである。

- 1) 2週間のマイロ飼料の給与によって卵黄の色調値は、低下した。
- 2) クロレラ飼料給与時の色調値は、12—13に向上し、CO 飼料の場合の11—12を上回り、着色効果の顕著なことが認められた。
- 3) 卵黄のビタミンA含量も、やや高くなり、その含量向上に効果があるのではないかという推察を与えた。
- 4) 卵黄のカロチン含量は、クロレラ飼料の給与によって、基礎飼料給与時の約3倍程度に向上した。
- 5) 卵黄のキサントフィル含量は、クロレラ飼料の給与によって、著しく増加した。
- 6) 産卵率・飼料摂取量その他を調査した結果、5%程度のクロレラ添加によっては、生産上好ましくない影響をおよぼすものとは思われなかった。

したがって、黄色トウモロコシをマイロで置きかえた場合、クロレラは生産される卵黄の色調を調節するための添加剤として、有用なものであることが認められた。

本研究を施行するに当り、多大の援助とご支援を与えられたクロレラ研究会会長越智勇一先生ならびに、日本クロレラ株式会社の元開発部長宮之原篤氏他関係各位に深い感謝の意をあらわす。

文 献

- 1) PETERSON, W. J., J. S. HUGHES and L. F. PAYNE: The carotenoid pigments. Agricultural Experiment Station College, Kansas State of Agriculture Technical Bulletin, 46, (1939)
- 2) OLSEN, M. W.: Poultry Sci., **21**, 497-499 (1942)

- 3) BRUNNELL, R. H, and J. C. BAUERNFEIND: Carotenoids as poultry pigmenters. Proceeding of 8th World's Poultry Congress. Mexico City (1958)
- 4) SUNNDE, M, L.: Poultry Sci., **41** (2), 532 (1962)
- 5) BUNNEL, R. H., W. L. MARUSICH and J. C. C. BAUERNFEIND: Poultry Sci., **41** (4), 1109 (1962)
- 6) 須藤 浩・内田仙二・中永征太郎: 1964 (昭39) 年度日本万国国家禽学会秋季大会講演要旨, 37-39 (1964)
- 7) 須藤 浩・内田仙二・梅野 洋: 1965 (昭40) 年度日本万国国家禽学会 秋季大会 講演要旨, 43-44 (1965); 日家禽誌, **2**, 72-74 (1965)
- 8) 須藤 浩・内田仙二・楠本恭女: 日本畜産学会関西支部報, (48), 17 (1967)
- 9) 須藤 浩・今西悦子: 作陽音大・作陽短大紀要, **8** (1), 61-71 (1975)
- 10) 奥村純市・古屋 滉・田先威和夫: 家禽会誌, **10** (4), 157-161 (1973)
- 11) 奥村純市・田先威和夫: Ibid., **10**(6), 238 (1973)
- 12) 奥村純市・田先威和夫: Ibid., **11**(1), 25-29 (1974)
- 13) 倉田新一郎・友 安夫・原田海夫・大角 彰・井上哲夫: 大阪市立家禽試験場研究報告, (5), 24-30 (1972)
- 14) 倉田新一郎・友 安夫・原田海夫・大角 彰・井上哲夫: クロレラ飼料化研究会発表要旨 (1972, 12,4)
- 15) 須藤 浩・飼料学講義 (第7版), 384(1972) 養賢堂・東京
- 16) 斎藤道雄・山田英世: 日畜会報, **27** (3), 179 (1956)
- 17) 藤田秋治: ビタミンの化学的定量法, 101-204 (1955) 南江堂・東京
- 18) Roche: Yolk color fan, Printed in Switzerland (1969)
- 19) 斎藤道雄・山田英世: 日畜会報, **27** (4), 255-261 (1957)
- 20) 山田英世・斎藤道雄: Ibid., **27**(4), 263-271 (1957)

Studies on Pigmentation of Egg Yolk

(2) The Effect of Addition of Chlorella

Hiroshi SUTOH and Senji UCHIDA

Labortory of Biology, Okayama College of Science, Okayama, Japan

To determine the effect of addition of chlorella, a feeding experiment with laying hens (White Leghorn breed) was carried out. Three lots of the control of the milo (60%) diet without any additive, of the milo diet with 5% chlorlla and of the milo diet with 20 ppm carophyll orange (CO; a preparation of 5% β -apo-8'-carotenoic acid ethyl ester plus 5% canthaxanthin) were set up in batteries. The feeding experiment for 70 days in total consisted of 3 periods; in the first period the milo diet was fed, in the second the experimental diet and in the third the milo diet (c. f. Fig. 1). Egg yolk pigmentation was evaluated by Roche 15 blade color fans and also the contents of vitamin A, carotene and xanthophyll were etimated. The results obtained are summarized as follws:

- 1) Feeding of the milo diet caused a decrease of the Roche color fan value of

egg yolk.

2) The color value of the yolk in the egg laid by birds fed the chlorella diet increased to 12-13, while that of the CO-diet birds increased to 11-12. A remarkable effect of pigmentation was shown.

3) The vitamin A content of the chlorella diet lot was somewhat higher than that of the CO-diet lot. It was suggested that the application of chlorella to laying diet might be useful for the improvement of vitamin A content.

4) The increase of carotene content of egg yolk was observed when chlorella was applied. The carotene content of egg yolk of the chlorella diet lot was about 3 times as much as that of the milo diet lot.

5) A remarkable increase of xanthophyll content of egg yolk was observed when chlorella was applied.

6) It was observed that the application of 5 % chlorella did not influence egg production, feed consumption and other egg qualities.